



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 25 961 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 42 25 961.4  
㉔ Anmeldetag: 6. 8. 92  
㉕ Offenlegungstag: 10. 2. 94

㉙ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 25 D 7/06**  
C 25 D 3/38  
C 25 D 21/02  
C 25 D 21/10  
C 25 D 17/10  
H 05 K 3/02

DE 42 25 961 A 1

㉙ Anmelder:

Hans Höllmüller Maschinenbau GmbH & Co, 71083  
Herrenberg, DE

㉚ Vertreter:

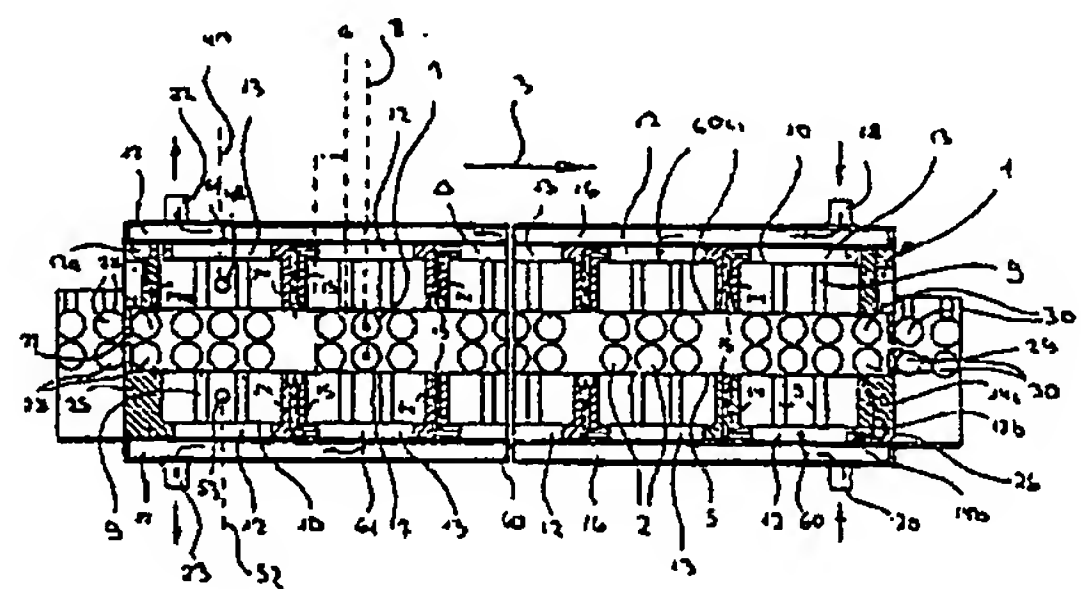
Ostertag, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Ostertag, R.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70597 Stuttgart

㉛ Erfinder:

Hartmann, Bernd, Dipl.-Chem. Dr., 3415 Hattorf, DE;  
Holtzmann, Abraham, Dipl.-Chem. Dr., Bat-Yam, IL

㉜ Vorrichtung zur Galvanisierung, insbesondere Verkupferung, flacher platten- oder bogenförmiger Gegenstände

㉝ Zu galvanisierende flache Gegenstände, insbesondere Leiterplatten, werden durch ein Fördersystem (2) in horizontaler Richtung durch das Maschinengehäuse (1) der Vorrichtung entlang mindestens einer Anode (4, 5) geführt und dabei selbst durch eine Kontaktiereinrichtung (7) auf Kathodenpotential gehalten. Die Spannung, welche zwischen der Anode (4, 5) und den zu galvanisierenden Gegenständen liegt, setzt sich aus rechteckförmigen Impulsen zusammen. Im zeitlichen Mittelwert ist dabei die Anode (4, 5) gegenüber den zu galvanisierenden Gegenständen positiv. Der Elektrolyt wird dem Raum innerhalb des Maschinengehäuses (1), den die zu galvanisierenden Gegenstände mit Hilfe des Fördersystems (2) durchqueren, über Wände (14) zugeführt, derart, daß die Strömungsrichtung des Elektrolyten bei in Bewegungsrichtung hintereinanderliegenden Wänden (14) entgegengesetzt ist. Die verwendeten Anoden (4, 5) bestehen aus inertem Material; die bei der Galvanisierung verbrauchten Metallionen werden in einer gesonderten Einrichtung durch chemisches Auflösen von Metall dem Elektrolyten wieder zugeführt.



DE 42 25 961 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 308 066/204

12/51

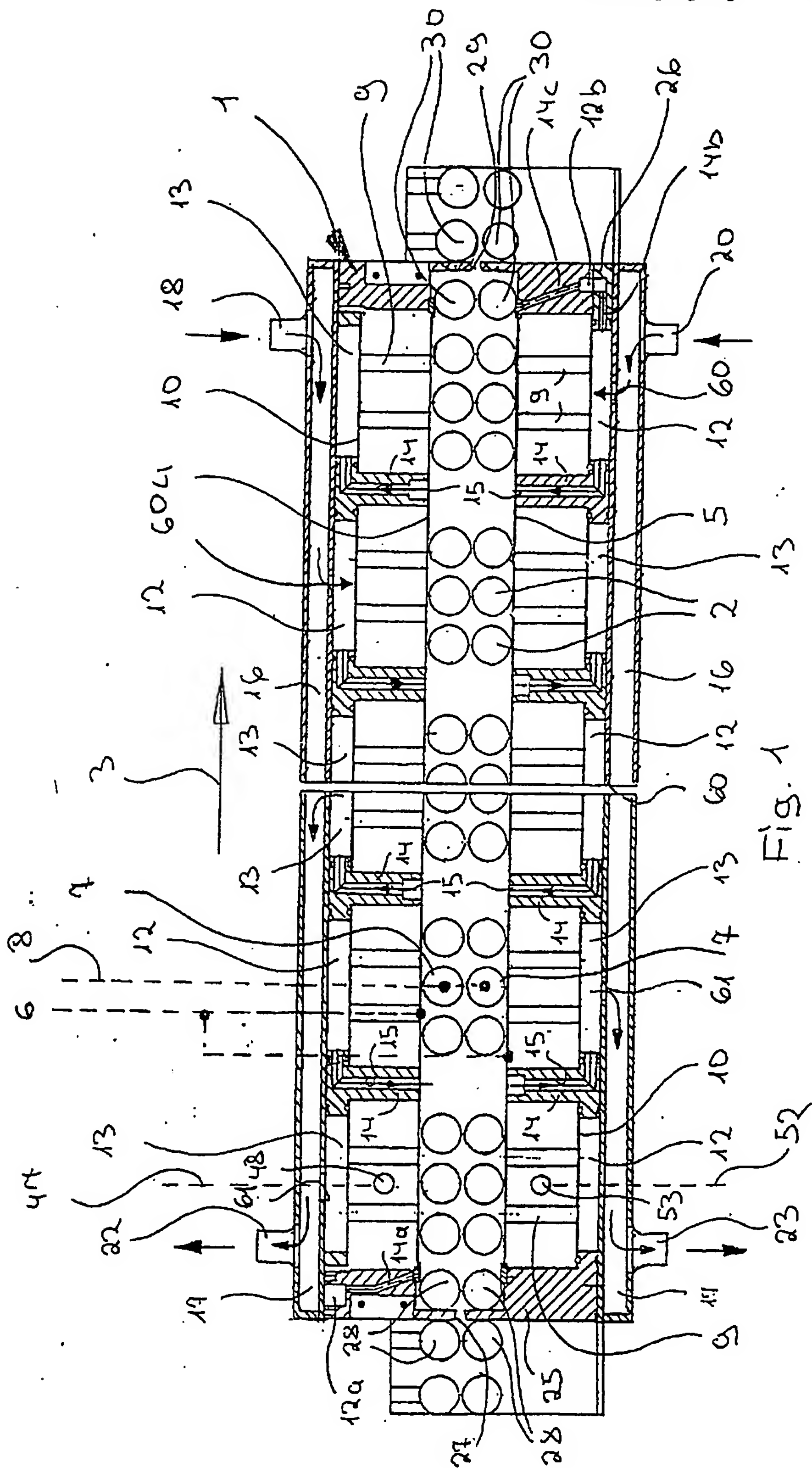


Fig. 1

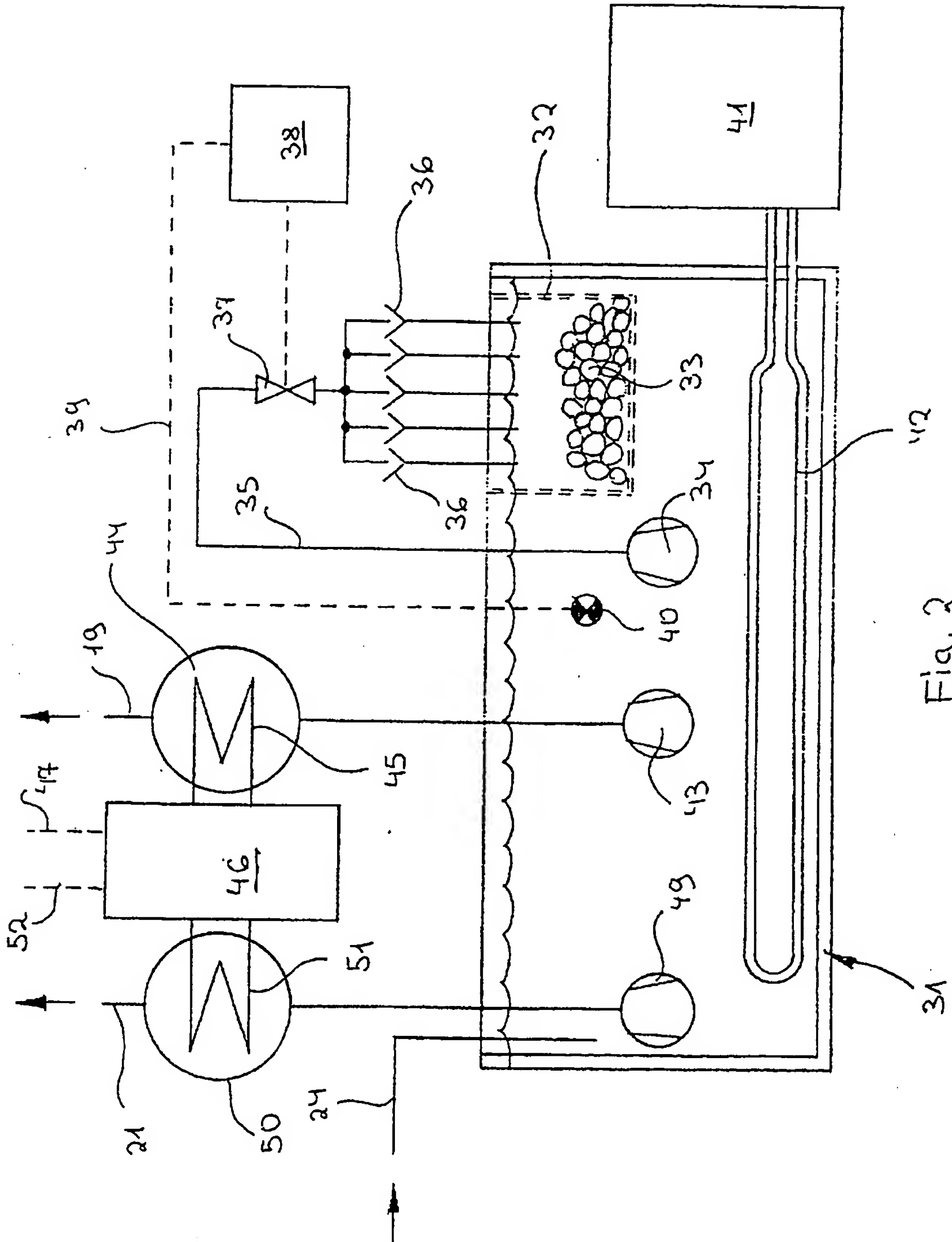


Fig. 2

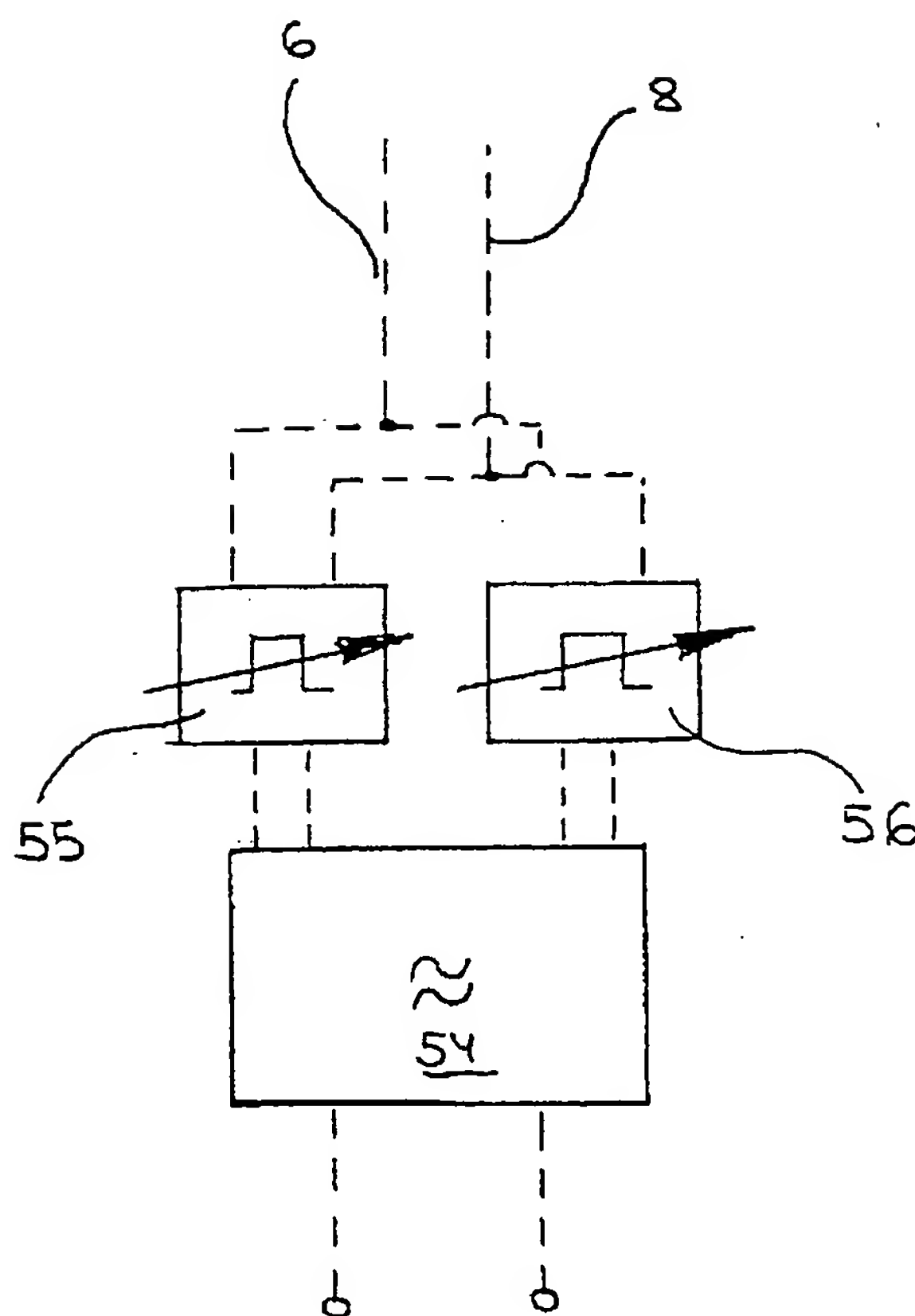


Fig.3

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Galvanisierung, insbesondere Verkupferung, flacher, platten- oder bogenförmiger Gegenstände, insbesondere von gedruckten Leiterplatten, mit

- a) einem Maschinengehäuse, welches einen mit einem flüssigen Elektrolyten anfüllbaren Raum aufweist;
- b) einer Fördereinrichtung, welche die Gegenstände im wesentlichen horizontal, parallel zu ihrer Haupterstreckungsrichtung, kontinuierlich von einem Eingang zu einem Ausgang durch das Maschinengehäuse befördert;
- c) mindestens einer Anode, welche sich parallel zum Bewegungsweg der Gegenstände erstreckt und mit einem ersten Pol einer Spannungsquelle verbunden ist;
- d) einer Kontaktiereinrichtung, welche einen elektrischen Kontakt zu den Gegenständen herstellt und mit einem zweiten Pol der Spannungsquelle verbunden ist.

Derartige Vorrichtungen mit unterschiedlichen Fördereinrichtungen sind in der DE-OS 36 24 481 bzw. der DE-OS 32 36 545 beschrieben. Sie arbeiten durchweg mit einer konstanten Gleichspannung, so daß sich die zu galvanisierenden Gegenstände auf dem Wege durch das Maschinengehäuse der Vorrichtung hindurch im wesentlichen stets in dem selben elektrischen Feld befinden. Die Plattiergeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit, mit der sich die galvanisierte Metallschicht auf den Gegenständen aufbaut, ist dabei verhältnismäßig gering; dies bedeutet, daß bei einer vorgegebenen Bewegungsgeschwindigkeit der Gegenstände die Länge der Vorrichtungen sehr groß sein muß. Hierdurch werden die bekannten Vorrichtungen außerordentlich teuer.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß höhere Plattiergeschwindigkeiten erzielbar sind und die selben Schichtdicken mit kürzeren Vorrichtungen erreicht werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Spannungsquelle mindestens einen einstellbaren Impulsgenerator umfaßt, dessen Ausgangssignale an die Anode und die Kontaktiereinrichtung gelegt und Rechteckimpulse mit wählbarer Wiederholfrequenz, Taktverhältnis, Amplitude und Polarität sind, wobei im zeitlichen Mittelwert die Anode gegenüber der Kontaktiereinrichtung positiv ist.

Überraschenderweise hat sich herausgestellt, daß die Plattiergeschwindigkeit um ein Vielfaches dann erhöht werden kann, wenn statt einer konstanten Gleichspannung an den Elektroden der Elektrolyse, d. h., an der Anode einerseits und den zu galvanisierenden Gegenständen andererseits, eine pulsierende Gleichspannung anliegt. Die stromlosen Zeiten, die zwischen den einzelnen Impulsen liegen, werden dadurch kompensiert, daß die Amplitude der Impulse entsprechend erhöht wird. Mit gleichem Stromverbrauch ist die Abscheidungsrate bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und damit die Stromausbeute erheblich höher als beim Stande der Technik. Die physikalischen Vorgänge, auf denen dies beruht, sind im einzelnen noch nicht erforscht. Es scheint jedoch festzustehen, daß hierbei Konzentrations- und Polarisierungseffekte im Bereich der Anoden und der zu plattierenden Gegenstände eine Rolle spielen,

welche bei gepulstem Betrieb günstig beeinflußt werden. Insbesondere dürfte durch die höheren Spannungen, die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden können, das Durchdringen der Metallionen durch die Ladungs-Doppelschicht im Bereich der zu plattierenden Gegenstände begünstigt zu werden, so daß die Abscheidung von Metall erleichtert wird. Die genauen Parameter der von dem Impulsgenerator erzeugten Ausgangssignale, insbesondere also die Wiederholfrequenz, das Taktverhältnis und die Amplitude, können durch Versuche optimiert und so den gegebenen geometrischen Verhältnissen ebenso wie dem jeweils vorhandenen Elektrolyten angepaßt werden. Unterschiedliche Elektrolyte, also insbesondere unterschiedliche Arten von Metallionen und unterschiedliche Additive, können anders aussehende Impulse erforderlich machen.

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung umfaßt die Spannungsquelle mindestens zwei unabhängig voneinander betriebene Impulsgeneratoren, deren addierte Ausgangssignale an die Anode bzw. die Kontaktiereinrichtung gelegt sind und deren relative Phasenlage einstellbar ist. Durch die Überlagerung der mehreren, insbesondere zwei, von den unabhängigen Impulsgeneratoren erzeugten Rechteckimpulse, deren charakteristische Parameter unabhängig voneinander wählbar sind, lassen sich sehr differenzierte Gesamtimpulse zusammensetzen, die zu günstigen Resultaten führen.

Besonders schnelle Galvanisierungsgeschwindigkeiten werden mit einer Ausführungsform der Erfindung erzielt, bei welcher der oder die Impulsgeneratoren solche Ausgangssignale erzeugen, daß die effektiv an der Anode bzw. der Kontaktiereinrichtung liegende Spannung während eines Teiles der Zeit die umgekehrte Polarität aufweist, bei welcher die Anode gegenüber der Kontaktiereinrichtung negativ ist. Diese zeitweilige Umkehrung der Polarität der Betriebsspannung scheint insbesondere nachteilige Konzentrationseffekte auszuschließen. Möglicherweise geht dabei auch jeweils wieder ein kleiner Teil der zuvor bereits aufplattierten Schicht wieder in Lösung, was die Oberfläche von anhaftenden Verunreinigungen befreit.

Die Wiederholfrequenz der Ausgangssignale des Impulsgenerators kann zwischen 10 und 10 000 Hz liegen.

Die zu galvanisierenden platten- bzw. bogenförmigen Gegenstände, insbesondere die Leiterplatten, weisen häufig Durchgangsbohrungen auf, deren Mantelflächen ebenfalls zu galvanisieren sind. In vielen Fällen ist gerade die bevorzugte oder ausschließliche Galvanisierung der Mantelflächen dieser Durchgangsbohrungen erwünscht. Überraschenderweise hat sich bei erfindungsgemäßen Vorrichtungen herausgestellt, daß eine bevorzugte Abscheidung von Metall an den Mantelflächen der Durchgangsbohrungen erfolgt, wenn der Elektrolyt gekühlt wird. Besonders brauchbar ist ein Temperaturbereich zwischen 10 und 30°C, vorzugsweise zwischen 18 und 24°C. Deshalb ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung eine Einrichtung vorgesehen, mit welcher der Elektrolyt kühlbar ist.

Eine günstige Ausgestaltung sieht so aus, daß ein Sumpf für den Elektrolyten vorgesehen ist, aus welchem der Elektrolyt kontinuierlich in den mit Elektrolyt befüllbaren Raum des Maschinengehäuses gebracht und in welchen der Elektrolyt von dort wieder zurückgebracht wird, und daß die Kühleinrichtung umfaßt:

- a) einen Hauptkühler, mit welchem der in dem



Sumpf befindliche Elektrolyt unterhalb einer ersten vorwählbaren Temperatur gehalten wird;  
 b) mindestens einen Hilfskühler, mit welchem der dem Sumpf entnommene Elektrolyt auf dem Wege zu dem mit Elektrolyt befüllbaren Raum des Maschinengehäuses kühlbar ist und der diesen Elektrolyten auf einer zweiten vorwählbaren Temperatur hält, die niedriger als die erste ist.

Durch die Aufteilung der gesamten Kühlwirkung auf einen Haupt- und einen Hilfskühler läßt sich eine besonders präzise und rasche Regelung der Elektrolyttemperatur "vor Ort", d. h. in der Nähe der zu plattierenden Gegenstände, bewerkstelligen. Die "Hauptkühlung" auf die erste vorwählbare Temperatur erfolgt durch ein verhältnismäßig großes Aggregat bereits im Sumpf. Diese erste vorwählbare Temperatur liegt nur wenig über derjenigen Temperatur, die der Elektrolyt "vor Ort" erreichen soll. Die endgültige, zweite Temperatur, die unter dem ersten Temperaturwert liegt, wird dann von dem schnell arbeitenden Hilfskühler geringerer Leistung bewirkt, welcher auf den Elektrolyten erst auf dessen Weg zu der Anode Einfluß nimmt.

In den meisten Vorrichtungen der eingangs genannten Art werden die Gegenstände auf beiden Seiten plattiert. Daher erstreckt sich beidseits zum Bewegungsweg der Gegenstände jeweils eine Elektrode. Bei derartigen Vorrichtungen ist nach einem weiteren Merkmal der Erfindung zweckmäßigerweise vorgesehen, daß zwei unabhängig voneinander betreibbare Hilfskühler vorgesehen sind, wobei der den ersten Hilfskühler durchströmende Elektrolyt den Gegenständen auf der der einen Anode zugewandten Seite und der den anderen Hilfskühler durchströmende Elektrolyt den Gegenständen auf der der anderen Anode zugewandten Seite zugeführt wird.

Bei einer Ausgestaltung dieser Art der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist jedem Hilfskühler ein in der Nähe Gegenstände auf der der entsprechenden Anode zugewandten Seite angeordneter Temperatursensor zugeordnet, welcher die dortige lokale Temperatur des Elektrolyten überwacht und danach den zugeordneten Hilfskühler steuert. Sind mehrere Anoden vorhanden, so kann es durchaus zweckmäßig sein, zur Vergleichmäßigung des Auftrages auf den gegenüberliegenden Seiten der zu galvanisierenden Gegenständen die lokale Temperatur des Elektrolyten unterschiedlich zu wählen, um so unterschiedlichen geometrischen Verhältnissen, auch in der Strömungsbewegung des Elektrolyten, Rechnung tragen zu können.

Zweckmäßigerweise ist die Anode eine inerte dimensionsstabile Elektrode; dann ist eine gesonderte Einrichtung vorgesehen, mit welcher dem Elektrolyten die bei der Galvanisierung entzogenen Metallionen wieder zuführbar sind. Die bekannten, eingangs erwähnten Vorrichtungen verwenden sich verbrauchende Anoden, d. h. Anodenkörbe, die mit dem Metall angefüllt sind, welches aufgalvanisiert werden soll. Dieses Metall geht dann während der Elektrolyse in den Elektrolyten über und ersetzt so diejenigen Metallionen, die dem Elektrolyten durch die Abscheidung an den zu galvanisierenden Gegenständen verloren gehen. Inerte Elektroden, wie sie erfindungsgemäß vorgeschlagen werden, führen jedoch zu besser reproduzierbaren Bedingungen und ermöglichen so günstigere Resultate bei der Aufplattierung. Außerdem lassen sich derartige inerte Elektroden leichter an unterschiedliche Arbeitsbreiten der Maschinen anpassen als die mit Metall gefüllten bekannten

Anodenkörbe.

Die inerten Anoden können beispielsweise aus plattiertem Streckmetall oder mit leitfähigem Oxid überzogenem Material oder Kohlenstoff bestehen.

Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Kupfergalvanisierung eingesetzt, kann die Einrichtung, mit welcher dem Elektrolyten die bei der Galvanisierung entzogenen Kupferionen wieder zuführbar sind, umfassen:

- a) einen Vorrat an metallischem Kupfer;
- b) eine Einrichtung, mit welcher ein Teil des Elektrolyten mit Sauerstoffanreicherbar und dem metallischen Kupfer zuführbar ist.

Metallisches Kupfer ist in den üblicherweise verwendeten, schwefelsauren Kupfersulfatlösungen nicht lösbar. Dies ändert sich, wenn der Elektrolyt zusätzlich mit Sauerstoff angereichert wird. Die dosierte Sauerstoffanreicherung kann also dazu eingesetzt werden, eine ganz bestimmte Menge metallischen Kupfers chemisch aufzulösen, die so gewählt wird, daß die Konzentration der Kupferionen im Elektrolyten im wesentlichen konstant bleibt.

Insbesondere kann in diesem Zusammenhang eine Pumpe vorgesehen sein, welche dem Sumpf Elektrolyt entnimmt und über einen oder mehrere Luftinjektoren dem Vorrat an metallischem Kupfer zuführt. In diesem Falle wird der Sauerstoff, der zum Lösen des metallischen Kupfers erforderlich ist, der Umgebungsluft entnommen und bei der Passage der Luftinjektoren dem Elektrolyten beigemischt.

Zur Erzielung guter Galvanisierungsergebnisse sind günstige Strömungsverhältnisse des Elektrolyten innerhalb des Maschinengehäuses von Bedeutung. Diesbezüglich erweist sich eine Ausgestaltung der Erfindung als vorteilhaft, bei welcher in dem Maschinengehäuse mehrere senkrecht zur Bewegungsrichtung der Gegenstände verlaufende Wände vorgesehen sind, welche bis nahe an die Gegenstände heranreichen und eine Mehrzahl von Bohrungen umfassen, über welche Elektrolyt den Gegenständen zuführbar bzw. von den Gegenständen abführbar ist. Bei dieser Ausgestaltung der Erfindung wird also der Elektrolyt an einer Vielzahl von Stellen innerhalb des Maschinengehäuses zugeführt und in gleicher Weise an einer Vielzahl von Stellen wieder entnommen. Die Einmündungsstellen und die Entnahmestellen liegen verhältnismäßig nahe an den Gegenständen, so daß sich in ihrem Bereich wohldefinierte Strömungswege bilden.

Wenn die Strömungsrichtung des Elektrolyten sich bei in Bewegungsrichtung der Gegenstände aufeinander folgenden Wänden abwechselt, werden Einflüsse der Strömungsrichtung auf das Galvanisierungsergebnis beim Durchgang durch die gesamte Vorrichtung gegenseitig kompensiert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert; es zeigen

Fig. 1 einen senkrechten Schnitt durch eine Vorrichtung zur Galvanisierung von gedruckten Leiterplatten;

Fig. 2 schematisch die Einrichtung zur Aufbereitung des Elektrolyten, der in der Vorrichtung von Fig. 1 verwendet wird;

Fig. 3 ein Blockschaltbild der Schaltungsanordnung, mit welcher die Betriebsspannung für die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung erzeugt wird.

Die Fig. 1 zeigt einen vertikalen Schnitt durch eine Vorrichtung zum Galvanisieren von gedruckten Leiter-

platten, wobei die Schnittebene in der linken Hälfte der Figur gegenüber der Schnittebene in der rechten Hälfte der Figur versetzt ist. Dies wird weiter unten noch näher erläutert.

Die zu galvanisierenden Leiterplatten werden von einer Fördereinrichtung, die eine Vielzahl angetriebener Rollen 2 umfaßt, im Sinne des Pfeiles 3 durch das Maschinengehäuse 1 der Vorrichtung hindurchbefördert. Unmittelbar oberhalb und unterhalb des Bewegungsweges der Leiterplatten erstreckt sich parallel zu diesem jeweils eine Anode 4 bzw. 5 aus inertem Material, beispielsweise aus platinisiertem Streckmetall. Die Anoden 4, 5 sind über eine Leitung 6 mit einer Stromversorgungseinrichtung verbunden, die in Fig. 3 dargestellt ist und weiter unten näher beschrieben wird. Die randseitigen Rollen des Fördersystemes sind als Kontaktrollen 7 ausgebildet, die über eine an und für sich bekannte Bürsteneinrichtung mit einer Leitung 8 verbunden ist. Die Leitung 8 führt ebenfalls zu der oben bereits erwähnten Stromversorgungseinrichtung.

Die Anoden 4, 5 sind außer an ihren Enden über Distanzhalter 9 am Maschinengehäuse 1 befestigt. Die Befestigung erfolgt beim dargestellten Ausführungsbeispiel mittelbar über Bleche 10, die ihrerseits abgedichtet am Maschinengehäuse 1 angeschraubt sind. Zwischen den Blechen 10 und weiteren Blechen 11, die sich oben und unten über die gesamte Maschinenbreite und -länge erstrecken, wird eine Vielzahl von Verteilerräumen 12, 13 gebildet. Die Verteilerräume 12 dienen der Zufuhr von Elektrolyt, die Verteilerräume 13 der Entnahme von Elektrolyt aus dem Innenraum des Maschinengehäuses 1. Die Verteilerräume 12, 13 wechseln sich in Bewegungsrichtung (Pfeil 3) ab; senkrecht hierzu stehen sich jeweils ein Verteilerraum 12 einem Verteilerraum 13 gegenüber.

Das Maschinengehäuse 1 umfaßt im Inneren eine Vielzahl von Verteilerwänden 14, die senkrecht zur Bewegungsrichtung stehen. Durch jede dieser Verteilerwände 14 sind mehrere abgewinkelte Bohrungen 15, senkrecht zur Zeichenebene gegeneinander versetzt, geführt, welche den zwischen den Anoden 4, 5 liegenden Raum mit jeweils einem Verteilerraum 12, 13 verbinden.

An der Ober- und Unterseite des Maschinengehäuses 1 erstrecken sich, senkrecht zur Zeichenebene von Fig. 1 gegeneinander versetzt, jeweils ein Elektrolyt-Zufuhrkanal 16 (rechte Hälfte von Fig. 1) bzw. Elektrolyt-Abfuhrkanal 17 (linke Hälfte von Fig. 1). Damit wird deutlich, in welcher Weise die Schnittebenen in den beiden Hälften von Figur 1 gegeneinander verschoben sind. Die Verteilerräume 12 sind über Öffnungen 60 mit den Elektrolyt-Zufuhrkanälen 16, die Verteilerräume 13 über Öffnungen 61 mit den Elektrolyt-Abfuhrkanälen 17 verbunden.

Der obere Elektrolyt-Zufuhrkanal 16 weist einen Anschlußstutzen 18 auf, der mit der Leitung 19 der in Fig. 2 gezeigten Einrichtung zur Aufarbeitung des Elektrolyten verbunden ist. In entsprechender Weise ist der untere Elektrolyt-Zufuhrkanal 16 mit einem Anschlußstutzen 20 versehen, der mit der Leitung 21 der Einrichtung zur Aufarbeitung des Elektrolyten von Fig. 2 in Verbindung steht.

Auch die beiden Elektrolyt-Abfuhrkanäle 17 weisen jeweils einen Anschlußstutzen 22 und 23 auf; beide stehen gemeinsam mit der Leitung 24 in Fig. 2 in Verbindung.

In die in Fig. 1 linke Seitenwand 2-5 des Maschinengehäuses 1 sind ein zusätzlicher Verteilerraum 12a sowie ein abgewinkelter Kanal 14a eingearbeitet; in ent-

sprechender Weise findet sich in der in Fig. 1 rechten Seitenwand 26 des Maschinengehäuses 1 ein zusätzlicher Verteilerraum 12a, der über Bohrungen 14a, 14b mit dem benachbarten Verteilerraum 12 bzw. dem Raum zwischen den Anoden 4, 5 verbunden ist. Über die Verteilerräume 12a und 12b sowie die zugehörigen Bohrungen 14a, 14b, 14c wird frischer Elektrolyt in den unmittelbaren Anfangs- bzw. Endbereich des Raumes zwischen den Anoden 4, 5 eingebracht.

Unmittelbar benachbart dem Eintrittsschlitz 27 für die Leiterplatten in der linken Stirnwand 25 des Maschinengehäuses sind Quetschwalzenpaare 28 vorgesehen. In entsprechender Weise befinden sich in der Nähe des Austrittsschlitzes 29 in der rechten Stirnwand 26 des Maschinengehäuses 1 Quetschwalzenpaare 30. Die Quetschwalzenpaare 28 bzw. 30 vermindern das Einschleppen bzw. Ausschleppen von Behandlungsflüssigkeit in das Maschinengehäuse 1 bzw. aus dem Maschinengehäuse 1 heraus und stellen zudem eine Art dynamischer Dichtung dar, welche das Ausströmen von Elektrolyt aus dem Maschinengehäuse 1 durch die Spalte 27 bzw. 29 begrenzt. Die Menge von Elektrolyt, die über diese zwangsläufig vorhandenen Undichtigkeiten in der Zeiteinheit entweicht, ist verglichen mit derjenigen Elektrolytmenge, die über die Anschlußstutzen 22 bzw. 23 abgezogen wird, klein und kann durch die über die Anschlußstutzen 18 bzw. 20 in der Zeiteinheit zugeführte Elektrolytmenge leicht ersetzt werden.

In Fig. 2 ist diejenige Einrichtung dargestellt, welche der Aufbereitung des Elektrolyten dient, der über die Anschlußstutzen 18, 20 in die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung eingebracht und über die Anschlußstutzen 22, 23 dieser Vorrichtung wieder entnommen wird. Da die Vorrichtung mit inertem Anoden 4, 5 arbeitet, muß das Kupfer, welches auf die Leiterplatten aufgalvanisiert wird, über den Elektrolyten zugeführt werden. Der Elektrolyt bedarf zudem, wie später noch deutlich werden wird, einer bestimmten Temperierung. Beide Arten der "Aufbereitung" erfolgen in der in Fig. 2 gezeigten Einrichtung.

Diese Einrichtung umfaßt einen als Sumpf für den Elektrolyten dienenden Behälter 31, der bis zu einem bestimmten Niveau mit Elektrolyt angefüllt ist. In diesen ist ein durchlässiger Korb 32 eingetaucht, in dem sich Kupferschrott 33 befindet. Durch den Elektrolyten selbst, der im wesentlichen aus schwefelsaurem Kupfersulfat besteht, löst sich der Kupferschrott 33 nicht. Die Einbringung von Kupferionen in den Elektrolyten geschieht wie folgt:

Eine Pumpe 34 entnimmt dem Sumpf 31 Elektrolyt und führt diesen über eine Leitung 35 einer Vielzahl parallel geschalteter Luft-Injektoren 36 zu. In den Luft-Injektoren 36 wird der Elektrolyt mit Luft-Sauerstoff angereichert und so auf den Kupferschrott 33 im Behälter 32 gerichtet. Mit Hilfe des Luftsauerstoffes kann der Elektrolyt nunmehr den Kupferschrott 33 auflösen, so daß zusätzliche Kupferionen in den Elektrolyten gelangen.

Der Kupfergehalt im Elektrolyten kann in weiten Grenzen, etwa zwischen 2 und 240 g/l, vorzugsweise zwischen 10 und 200 g/l schwanken. Besonders typisch ist eine Kupferkonzentration von 100g/l. Häufig werden außerdem etwa 10g/l EDTA als Additiv eingesetzt.

In der Leitung 35 liegt ein Magnetventil 37, welches von einer Regeleinrichtung 38 für den Kupfergehalt des Elektrolyten gesteuert wird. Die Regeleinrichtung 38 ist über eine Leitung 39 mit einem im Elektrolyten angeordneten Sensor 40 verbunden. Dieser überwacht die



Konzentration der Kupferionen im Elektrolyten, beispielsweise indem er die Dichte des Elektrolyten feststellt, oder auf photometrische Weise. Sinkt die Kupferionenkonzentration im Elektrolyten unter einen bestimmten Wert ab, so öffnet die Regeleinrichtung 38 das Magnetventil 37. Nunmehr kann über die Luft-Injektoren 36 mit Luftsauerstoff angereicherter Elektrolyt auf den Kupferschrott 33 treffen und aus diesem so lange Kupferionen herauslösen, bis die vom Sensor 40 überwachte Kupferionenkonzentration wieder den gewünschten Wert erreicht hat. Dann schließt die Regeleinrichtung 38 das Magnetventil 37.

Durch die Temperierung des Elektrolyten kann, wie bereits erwähnt, Einfluß darauf genommen werden, wo sich bevorzugt das Kupfer während der Elektrolyse in der Vorrichtung von Fig. 1 auf den Leiterplatten abscheidet. Es hat sich herausgestellt, daß eine Kühlung des Elektrolyten dazu führt, daß die Metallabscheidung bevorzugt an den Mantelflächen der Durchgangsbohrung in den Leiterplatten erfolgt. Besonders geeignet ist ein Temperaturbereich zwischen 10 und 30°C, vorzugsweise zwischen 18 und 24°C. Aus diesem Grunde wird durch die in Fig. 2 dargestellte Einrichtung der Elektrolyt zusätzlich gekühlt. Hierzu ist zunächst eine Haupt-Kühleinrichtung 41 vorgesehen, welche eine im Sumpf 31 angeordnete Kühlschlange 42 mit Kühlmittel versorgt. Durch die Kühlschlange 42 wird der im Sumpf 31 befindliche Elektrolyt auf einer bestimmten Grundtemperatur gehalten.

Eine Pumpe 43 entnimmt dem Sumpf 31 derart vorgekühlten Elektrolyt und führt diesen über die Leitung 19 dem oberen Anschlußstutzen 18 der in Fig. 1 gezeigten Maschine zu. In der Leitung 19 liegt ein Hilfskühler 44, dessen Kühlschlange 45 von einer Hilfs-Kühleinrichtung 46 versorgt wird. Die Hilfs-Kühleinrichtung 46 steht über eine elektrische Leitung 47 mit einem Temperatursensor 48 in Verbindung, der im Bereich der zu galvanisierenden Gegenstände auf der der oberen inerten Anode 4 zugewandten Seite (Fig. 1) angeordnet ist. Der Temperatursensor 47 mißt die dort herrschende lokale Temperatur des Elektrolyten. Steigt diese über einen bestimmten Wert an, so sorgt die Hilfs-Kühleinrichtung 46 durch Beschickung der Kühlschlange 45 im Hilfskühler 44 dafür, daß die Temperatur im Bereich des Sensors 48 wieder in entsprechender Weise absinkt.

Eine weitere Pumpe 49 entnimmt dem Sumpf 31 der Einrichtung von Fig. 2 Elektrolyten und führt diesen über die Leitung 21 dem unteren Anschlußstutzen 20, der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung zu. In der Leitung 21 liegt ein weiterer Hilfskühler 50, dessen Kühlschlange 51 unabhängig von der Kühlschlange 45 von der Hilfs-Kühleinrichtung 46 versorgt wird. Hierzu ist die Hilfs-Kühleinrichtung 46 über eine elektrische Leitung 52 mit einem Temperatursensor 53 verbunden, der im Bereich der zu galvanisierenden Gegenstände auf der der unteren Anode 5 zugewandte Seite angeordnet ist und dort die lokale Temperatur mißt. Mit Hilfe des Temperatursensors 53, der Hilfs-Kühleinrichtung 46 und des Hilfskühlers 50 wird diese lokale Temperatur des Elektrolyten unterhalb eines bestimmten Wertes gehalten, der sich durchaus von dem Sollwert der Temperatur auf der anderen Seite der zu galvanisierenden Gegenstände unterscheiden kann. Da die Grundkühlung des Elektrolyten bereits im Sumpf durch die Haupt-Kühleinrichtung 41 bzw. deren Kühlschlange 42 besorgt wird, braucht die Leistung der Hilfs-Kühleinrichtung 46 nicht sehr groß ausgelegt zu sein. Die Temperatur des Elektrolyten im Sumpf 31 befindet sich bereits recht

nahe an den Sollwerten der Temperaturen im Bereich der oberen und unteren Anode 4, 5, so daß die Einreglung auf diese Sollwerte durch die Hilfskühler 44 und 50 sehr rasch und mit geringen Regelschwankungen erfolgen kann.

Die Stromversorgungseinrichtung für die Vorrichtung von Fig. 1 ist in Fig. 3 gezeigt. Sie umfaßt einen schematisch dargestellten Transformator 54, der primärseitig mit der Netzspannung und sekundärseitig mit zwei Impulsgeneratoren 55, 56 verbunden ist. Die Impulsgeneratoren 55 und 56 können jeweils unabhängig voneinander Rechteckimpulse erzeugen, deren Frequenz, Taktverhältnis, Amplitude, Polarität und relative Phasenlage im wesentlichen frei wählbar sind. Die Ausgangssignale der beiden Impulsgeneratoren 55 und 56 werden überlagert und über die Leitungen 6 bzw. 8 den Elektroden der Vorrichtung von Fig. 1 zugeführt. An den Elektroden (Anoden 4, 5, Kontaktträdern 7 und damit letztendlich den Leiterplatten selbst) liegt somit eine gepulste Gleichspannung. Der Funktion der Vorrichtung entsprechend liegt an den Anoden 4, 5 im zeitlichen Mittel überwiegend eine positive Spannung an; während gewisser Zeitspannen jedoch kann eine Umpolung dergestalt stattfinden, daß die Anoden 4, 5 gegenüber den Kontaktrollen 7 und damit gegenüber den Leiterplatten negativ sind. Während dieser Zeitphasen wird die auf den Leiterplatten abgeschiedene Kupferschicht kurzzeitig wieder etwas abgetragen. Außerdem werden Polarisations- und Konzentrationseffekte in der Nähe der Elektroden der Vorrichtung von Fig. 1 weitgehend eliminiert. Die von den beiden Impulsgeneratoren 55 und 56 abgegebenen Impulse werden für den jeweiligen Einsatzzweck optimiert und an die gegebene Geometrie sowohl der Leiterplatten selbst als auch der Vorrichtung sowie die chemische Zusammensetzung und Temperatur des Elektrolyten angepaßt. Bei optimaler Einstellung, die durch gezielte Versuchsserien zu ermitteln ist, lassen sich sehr hohe Abscheideraten von einigen  $\mu$  pro Meter bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von etwa einem Meter pro Minute der Leiterplatten erzielen. Dies bedeutet, daß in einer Vorrichtung, deren Gesamtlänge 5 Meter nicht übersteigt, auf einen Schritt eine Schicht mit einer Dicke von 25  $\mu$  aufgalvanisiert werden kann. Die bisher bei Galvanisierungsvorgängen von Leiterplatten eingesetzte Sicherheitsschicht mit einer Dicke von 4–5  $\mu$ , die gesondert aufgebracht wurde, kann weggelassen werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Galvanisierung, insbesondere Verkupferung, flacher, platten- oder bogenförmiger Gegenstände, insbesondere von gedruckten Leiterplatten, mit

- a) einem Maschinengehäuse, welches einen mit einem flüssigen Elektrolyten anfüllbaren Raum aufweist;
- b) einer Fördereinrichtung, welche die Gegenstände im wesentlichen horizontal, parallel zu ihrer Hauptstreckungsrichtung, kontinuierlich von einem Eingang zu einem Ausgang durch das Maschinengehäuse befördert;
- c) mindestens einer Anode, welche sich parallel zum Bewegungsweg der Gegenstände erstreckt und mit einem ersten Pol einer Spannungsquelle verbunden ist;
- d) einer Kontaktiereinrichtung, welche einen elektrischen Kontakt zu den Gegenständen



- herstellt und mit einem zweiten Pol der Spannungsquelle verbunden ist; dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsquelle mindestens einen einstellbaren Impulsgenerator (55, 56) umfaßt, dessen Ausgangssignale an die Anoden (4, 5) und die Kontaktiereinrichtung (7) gelegt und Rechteckimpulse mit wählbarer Wiederholfrequenz, Taktverhältnis, Amplitude und Polarität sind, wobei im zeitlichen Mittel die Anode (4, 5) gegenüber der Kontaktiereinrichtung (7) positiv ist. 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsquelle mindestens zwei unabhängig voneinander arbeitende Impulsgeneratoren (55, 56) umfaßt, deren addierte Ausgangssignale an die Anode (4, 5) bzw. die Kontaktiereinrichtung (7) gelegt sind und deren relative Phasenlage einstellbar ist. 15
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Impulsgeneratoren (55, 56) solche Ausgangssignale erzeugen, daß die effektiv an der Anode (4, 5) bzw. der Kontaktiereinrichtung (7) liegende Spannung während eines Teils der Zeit die umgekehrte Polarität aufweist, bei welcher die Anode (4, 5) gegenüber der Kontaktiereinrichtung (7) negativ ist. 25
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiederholfrequenz der Ausgangssignale des Impulsgenerators (55, 56) zwischen 10 und 10 000 Hz liegt. 30
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, daß eine Einrichtung (42, 44, 50) vorgesehen ist, mit welcher der Elektrolyt kühlbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sumpf (31) für den Elektrolyten vorgesehen ist, aus welchem der Elektrolyt kontinuierlich in den mit Elektrolyt befüllbaren Raum des Maschinengehäuses (1) gebracht und in welchen der Elektrolyt von dort wieder zurückgebracht wird, und daß die Kühleinrichtung umfaßt: 40
- a) einen Hauptkühler (42), mit welchem der in dem Sumpf (31) befindliche Elektrolyt unterhalb einer ersten vorwählbaren Temperatur gehalten wird;
  - b) mindestens einen Hilfskühler (44, 50), mit welchem der dem Sumpf (31) entnommene Elektrolyt auf dem Wege zu dem mit Elektrolyt befüllbaren Raum des Maschinengehäuses (1) kühlbar ist und der diesen Elektrolyt auf einer zweiten vorwählbaren Temperatur hält, die niedriger als die erste ist. 50
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei welcher sich beidseits parallel zum Bewegungsweg der Gegenstände jeweils eine Anode erstreckt, dadurch gekennzeichnet, daß zwei unabhängig voneinander betreibbare Hilfskühler (44, 50) vorgesehen sind, wobei der den ersten Hilfskühler (44) durchströmende Elektrolyt den Gegenständen auf der einen Anode (4) zugewandten Seite und der den anderen Hilfskühler (50) durchströmende Elektrolyt den Gegenständen auf der anderen Anode (5) zugewandten Seite zugeführt wird. 55
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Hilfskühler (44, 50) ein in der Nähe der Gegenstände auf der entsprechenden Anode (4, 5) zugewandten Seite angeordneter Temperatursensor (48, 53) — zugeordnet ist, welcher die dortige Temperatur des Elektrolyten über- 60

wacht und danach den zugeordneten Hilfskühler (44, 50) steuert.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode (4, 5) eine inerte dimensionsstabile Elektrode ist und eine gesonderte Einrichtung (34—40) vorgesehen ist, mit welcher dem Elektrolyt die bei der Galvanisierung entzogenen Metallionen wieder zuführbar sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Anode (4, 5) aus platinisiertem Streckmetall oder mit leitfähigem Oxid überzogenem Material oder Kohlenstoff besteht.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 zur Kupfergalvanisierung, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung, mit welcher dem Elektrolyten die bei der Galvanisierung entzogenen Kupferionen wieder zuführbar sind, umfaßt:

- a) einen Vorrat (33) an metallischem Kupfer;
- b) eine Einrichtung (34—40), mit welcher ein Teil des Elektrolyten mit Sauerstoff anreicherbar und dem metallischen Kupfer zuführbar ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Pumpe (34) vorgesehen ist, welche dem Sumpf (31) Elektrolyt entnimmt und über einen oder mehrere Luftinjektoren (36) dem Vorrat (33) an metallischem Kupfer zuführt.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Maschinengehäuse (1) mehrere senkrecht zur Bewegungsrichtung der Gegenstände verlaufende Wände (14) vorgesehen sind, welche bis nahe an die Gegenstände heranreichen und eine Mehrzahl von Bohrungen (15) umfassen, über welche Elektrolyt den Gegenständen zuführbar bzw. von den Gegenständen abführbar ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsrichtung des Elektrolyten sich bei in Bewegungsrichtung der Gegenstände aufeinanderfolgenden Wänden (14) abwechselt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen